



Est. Exp. Agrop. Balcarce

INFORME CAMPAÑA 2004

**Módulo de Investigación del Proyecto Fertilizar-INTA
Ensayos de Calidad en Trigo**

Hernán E. Echeverría

Balcarce, Abril de 2005

Módulo de Investigación del Proyecto Fertilizar-INTA

Informe de los Ensayos de Calidad en Trigo en Balcarce y Mar del Plata

En la región pampeana, se ha producido durante los últimos años un incremento en la superficie dedicada a la agricultura, junto con una mayor tecnología aplicada en los cultivos. Esto ha provocado un intensivo uso del suelo la fertilidad nativa por lo que frecuentemente se observan en la región deficiencias de algunos nutrientes tales como el nitrógeno (N) en los suelos de la región. Debido al elevado requerimiento de N por los cultivos de trigo, se han observado respuestas generalizadas a la aplicación de N en la mayoría de los sistemas productivos de la región pampeana. Por dicha razón, se han realizado estudios tendientes a incrementar la eficiencia en la utilización de los fertilizantes nitrogenados.

La metodología más difundida de diagnóstico de N para el cultivo de trigo, se basa en la medición del contenido de nitratos en suelos (0-60 cm) al momento de la siembra. Se ha reportado que los cultivos bajo labranza convencional no responden al agregado de N si el contenido de N-NO_3^- más el aportado por el fertilizante es mayor a $100\text{-}110 \text{ kg ha}^{-1}$ (García *et al.*, 1998) o 125 kg ha^{-1} (González Montaner *et al.*, 1991). Para siembra directa, Calviño *et al.* (2000) determinaron un umbral de 150 kg ha^{-1} de N-NO_3^- por encima del cual el cultivo no respondió al agregado de N. En los trabajos mencionados, la determinación de N-NO_3^- se realizó antes de la siembra del cultivo y el N se aplicó al estadio de 2 o 3 hojas del mismo, práctica que no es habitual en los productores. Estos realizan el análisis de suelo, y la aplicación de N generalmente antes de la siembra o al macollaje del cultivo.

En Balcarce, Melaj *et al.* (2000) determinaron que la eficiencia de recuperación del N del fertilizante por el trigo fue del 46 y 56% para la fertilización al momento de la siembra y al macollaje, respectivamente. Además, el N aplicado al macollaje tuvo como principal destino el grano, lo que permitió aumentar la proteína del mismo. Sin embargo, en el oeste de la provincia de Buenos Aires, Díaz-Zorita (2000) reportó un mayor rendimiento y eficiencia de uso del N cuando el mismo fue aplicado al momento de la siembra, respecto de la aplicación al macollaje del cultivo, comportamiento atribuido a una menor disponibilidad de agua luego de dicho estadio. En Chivilcoy, García *et al.* (2001) determinaron incrementos de rendimiento y calidad de

trigo bajo siembra directa por aplicaciones fraccionadas de N (en macollaje, y foliar), sin embargo, la magnitud de la respuesta varió con los cultivares.

Si bien ha sido ampliamente reportado que la fertilización nitrogenada entre siembra y macollaje incrementa el rendimiento, su efecto sobre la concentración de proteína en grano es variable y asociado a la disponibilidad hídrica para el cultivo (Tanoni *et al.*, 1998). Algunos trabajos indican que, la fertilización nitrogenada en el período cercano a la antesis, mientras que no afecta el rendimiento en grano, provoca una mayor concentración de N en los granos. Como consecuencia, se ha registrado una disminución en el porcentaje de granos panza blanca, incrementos en la concentración de proteína en grano y en el porcentaje de vitriocidad de los mismos (Echeverría y Studdert, 1998; Bergh *et al.*, 2000). También, se ha reportado que esta práctica mejora algunos parámetros relacionados con la calidad panadera de las harinas (Gooding y Davies, 1992).

A los efectos de maximizar el rendimiento y la calidad de los granos en trigo resulta necesario evaluar alternativas de fertilización nitrogenada, en lo que respecta a la eficiencia de aplicaciones al macollaje en relación a aplicaciones fraccionadas en estadios tardíos. En ensayos realizados durante la campaña 2003 en cultivos de trigo en el sudeste bonaerense bajo labranza convencional, se determinó que los mayores rendimientos se obtuvieron por aplicaciones de dosis elevadas de N (200 kg N ha^{-1}) en forma fraccionada. Si bien el aumento de las dosis de N aplicadas al macollaje provocaron significativos incrementos en rendimiento de grano, los incrementos en el contenido de proteínas y trabajo alveográfico fueron menores. Por el contrario, al incrementar las dosis de N en antesis del cultivo si bien el rendimiento no fue incrementado, se registraron aumentos en los valores de proteína y trabajo alveográfico.

Resulta necesario confirmar los resultados obtenidos en la campaña anterior para situaciones bajo siembra directa. Por lo tanto, los objetivos de estos ensayos han sido:

a) Evaluar alternativas de fertilización nitrogenada en trigo tendientes a maximizar la calidad de los granos.

b) Evaluar metodologías de monitoreo del estatus nitrogenado del cultivo como diagnóstico de requerimiento de aplicaciones demoradas de nitrógeno.

Metodología

Se implantaron dos ensayos de trigo en secano bajo siembra directa, uno en el establecimiento Santa Ana (Balcarce) y otro en La Esperanza (El Dorado, Mar del Plata). Los lotes no presentaban limitantes de tosca.

En cada sitio, y previo a la siembra se tomaron muestras de suelo (cada una compuesta de 8 submuestras tomadas al azar dentro del lote) a tres profundidades (0-20, 20-40 y 40-60 cm). En el horizonte superficial se determinó pH, P disponible, materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE); en las tres profundidades el contenido de N-NO₃⁻ (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los sitios experimentales y de manejo de los cultivos.

	BALCARCE	MAR DEL PLATA
Tipo de suelo	Argiudol típico	Argiudol típico
P disponible (kg ha ⁻¹)	11,0	13,0
Materia orgánica (%)	5,7	5,6
pH	6,1	5,9
C.E. mm ds ⁻¹	0,3	0,3
N disponible de 0-60 cm (kg ha ⁻¹)	57	81
Sistema de labranza	Directa	Directa
Cultivo antecesor	Soja	Maíz
Fecha de siembra	20-06-2004	15-06-2004
Variedad	Buck guapo	Buck guapo
Densidad de siembra (kg ha ⁻¹)	110	110
Aplicación de N al Macollaje	23-08-2004	23-08-2004
Aplicación de N en Hoja Bandera	6-11-2004	26-10-2004
Aplicación de N en Antesis	26-11-2004	23-11-2004

Los ensayos se realizaron en un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones. En función de los valores obtenidos de disponibilidad de $N-NO_3^-$ a la siembra (N_s) se fertilizó con N (N_f) según se indica a continuación:

1. Testigo
2. 120 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje
3. 160 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje
4. 200 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje
5. 160 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje + 30 N en antésis
6. 120 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje + 20 kgN/ha en antesis
7. 120 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje + 30 kgN/ha en antesis
8. 120 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje + 40 kgN/ha en antesis
9. 120 kgN/ha ($N_s + N_f$) en macollaje + 20 kgN/ha en hoja bandera + 20 kgN/ha en antesis

Las aplicaciones de N al macollaje se realizaron con urea granulada al voleo y las aplicaciones en hoja bandera (Zadoks 39) y antésis (Z 65) se realizaron con mochila (solución de urea).

Se realizaron determinaciones de índice de verdor con el Minolta SPAD en hoja bandera expandida (Z 39), las lecturas se realizaron en 20 hojas por parcela.

A la cosecha se determinó rendimiento, humedad y sus componentes. En el laboratorio de calidad de Barrow, se determinará proteína en todas las muestras y gluten y alveograma una determinación por tratamiento.

Resultados

Durante la campaña agrícola trigo 2004, las precipitaciones registradas en la zona de Balcarce fueron similares a las registradas en los últimos años (Precipitaciones jun-dic 2004: 452 mm, Precipitaciones jun-dic historicas: 461 mm). Si bien en Junio las lluvias fueron levemente inferiores a lo normal, el mes de Julio y Agosto presentaron una pluviometría que superó ampliamente el valor normal (Figura 1), hecho que entorpeció en parte las tareas de siembra de los cultivos de cosecha fina que estaban más rezagados. Si bien en Septiembre y Diciembre, se

registró menor pluviometría y las evapotranspiraciones superaron a las precipitaciones, la distribución de las lluvias, permitió un buen desarrollo y una normal cosecha de los cultivos de trigo. Asimismo, la temperatura media, la humedad relativa y la radiación incidente durante la estación de crecimiento del cultivo se mantuvieron próximas a las históricas (Figuras 2 a-c).

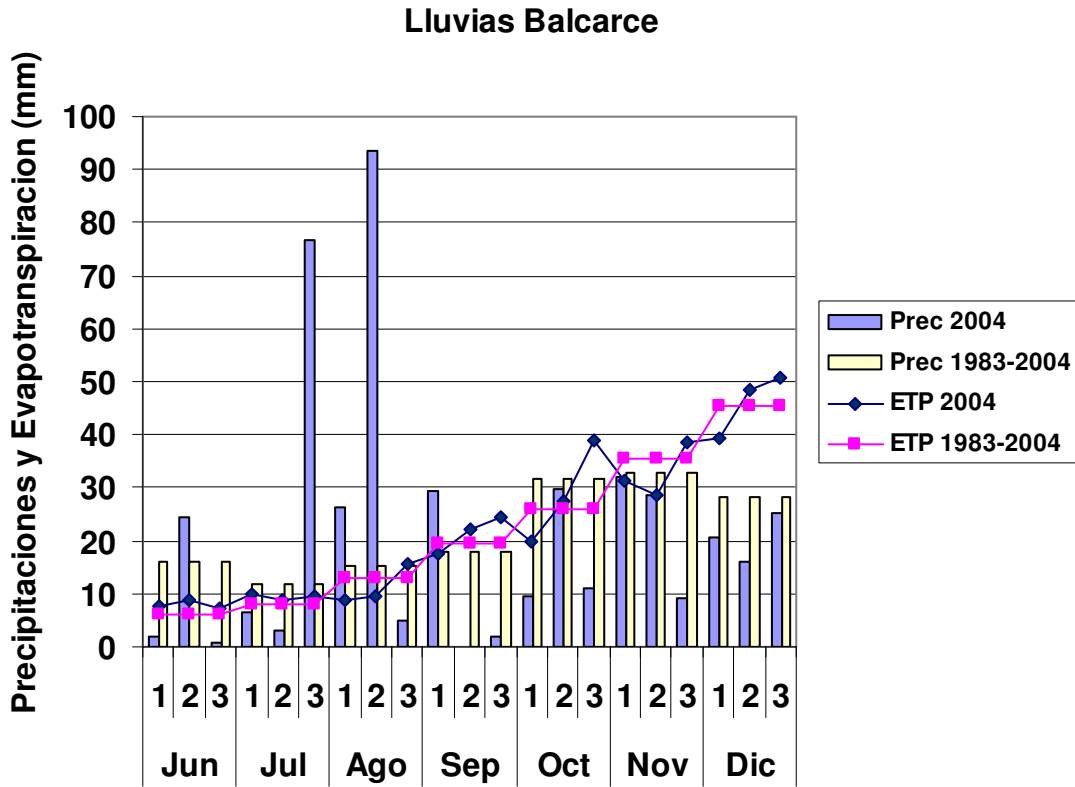
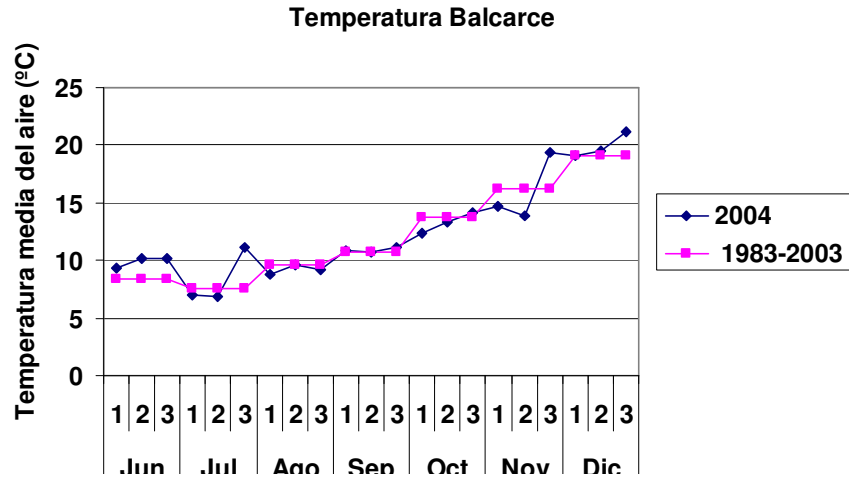
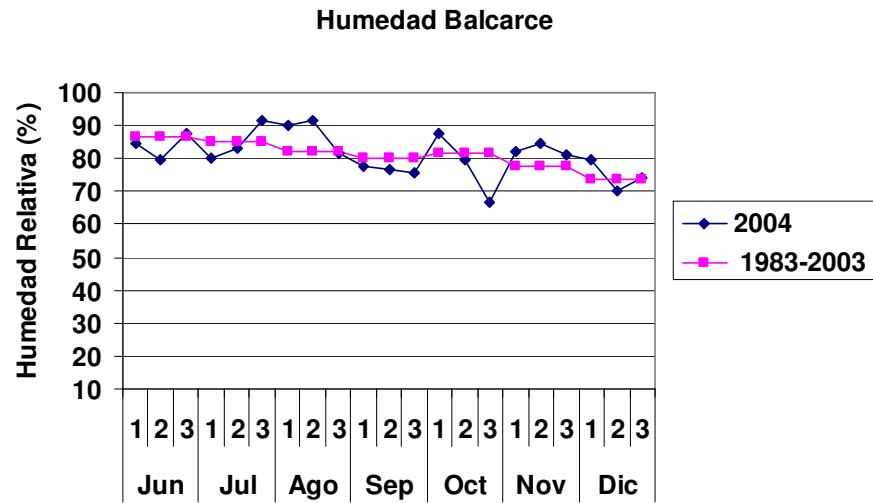


Figura 1. Precipitaciones y evapotranspiración mensuales acumuladas por décadas en Balcarce, durante la estación de crecimiento del cultivo de trigo en la campaña 2004 y registros históricos (1983-2003).

a)



b)



c)

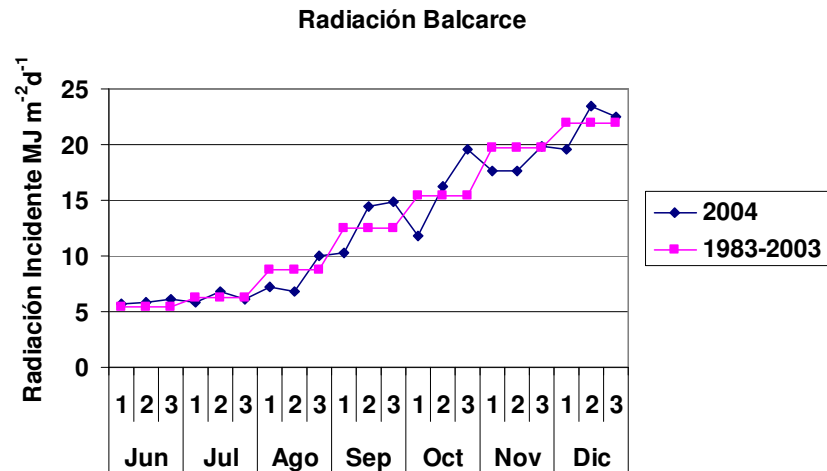


Figura 2. Temperatura, humedad y radiación medias (a, b, c) en la zona de Balcarce durante la campaña de trigo 2004, y registros históricos (1983-2003).

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos para las lecturas SPAD, el rendimiento en grano, el contenido de proteínas y el peso de 1000 granos en los dos sitios. Los mayores rendimientos en grano se registraron en Balcarce, donde se superaron los 5400 kg grano ha⁻¹ (promedio de todos los tratamientos), mientras que en Mar del Plata el rendimiento medio fue de 4300 kg ha⁻¹. Para ambos sitios, el mayor rendimiento correspondió a las aplicaciones de la dosis mas elevada de urea sólida en macollaje (200 kgN/ha, N_s + N_f), seguido por las aplicaciones fraccionadas, mientras que los menores rendimientos fueron obtenidos en el tratamiento testigo sin aplicación de N. Esta situación fue distinta a la obtenida para la campaña anterior en ensayos realizados en Otamendi, Balcarce y Tandil (Informe Proyecto Fertilizar-INTA, campaña 2003), en la cual los mayores rendimientos se obtuvieron por la fertilización con la mayor dosis pero en forma fraccionada (160 kg N ha⁻¹ en macollaje + 40 kg N ha⁻¹ en encañazón). Similarmente a lo reportado para el rendimiento, los mayores valores en las lecturas SPAD y el mayor peso de granos se registró en Balcarce en comparación con Mar del Plata.

El incremento de las dosis de N aplicadas al macollaje provocaron claros incrementos en rendimiento de grano (Figura 3 a), aunque estos fueron mayores para Balcarce (719 kg de grano/kg N) que para Mar del Plata (524 kg de grano/kg N). La aplicación de 30 kgN/ha de manera foliar en antesis cuando el cultivo había recibido 160 kgN/ha como sólido en macollaje, no incrementó significativamente el rendimiento en Balcarce en comparación con el tratamiento que ocasionó el mayor rendimiento, mientras que fue menor en Mar del Plata (Figura 4). De manera similar, el incremento de las dosis de N aplicadas de manera foliar en antesis y en hoja bandera, cuando el cultivo había recibido 120 kg N/ha como sólido en macollaje, no incrementó significativamente el rendimiento del cultivo (Figuras 5 y 6).

Para el contenido de proteínas se ha observado una situación distinta que la determinada para el rendimiento. En tal sentido, el mayor contenido de proteínas en granos se registró en Mar del Plata (12,6 % promedio de todos los tratamientos) en relación a Balcarce (10,9 % promedio de todos los tratamientos). Si bien el incremento de las dosis de N aplicadas al macollaje provocaron incrementos en el contenido de proteínas en grano (Figura 3 b), estos fueron de menor magnitud que los determinados para el rendimiento. En ambas localidades el mayor contenido de proteínas se registró por la aplicación fraccionada de N (160 kg N ha⁻¹ en macollaje + 30 kg N ha⁻¹ en antesis para Balcarce y Mar del Plata; y de 120 kg N ha⁻¹ en macollaje + 40 kg

N ha⁻¹ en antesis para Mar del Plata) (Tabla 2 y Figura 4 b). Asimismo, el incremento de las dosis de N aplicadas de manera foliar en antesis y en hoja bandera, cuando el cultivo había recibido 120 kg N/ha como sólido en macollaje, incrementó el contenido de proteínas en granos de trigo, particularmente en Mar del Plata (Figuras 5 b y 6 b).

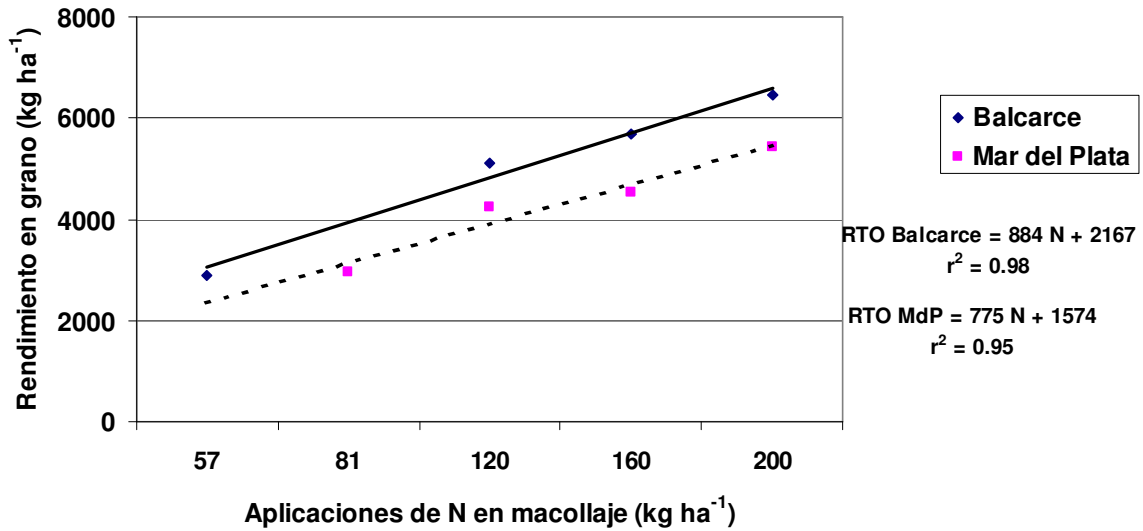
La aplicación de dosis crecientes de N en macollaje permitieron incrementar los valores de W en la localidad de Balcarce y no se determinaron cambios en Mar del Plata (Fig 7). Las aplicaciones de N en antesis del trigo, permitieron en ambas situaciones incrementar los valores de W (Fig. 8).

Los resultados obtenidos confirman en líneas generales a los de la campaña 2003 (bajo labranza convencional). En tal sentido, podría concluirse que el incrementar la dosis de N aplicadas al macollaje del trigo si bien puede incrementar el rendimiento, no sería una estrategia recomendable a los efectos de mejorar los parámetros de calidad. Parecería factible mejorar los parámetros relacionados con la calidad de los trigos, por medio de aplicaciones fraccionadas de la dosis de N sin afectar negativamente el rendimiento en grano.

Tabla 2. Lecturas SPAD, rendimiento, contenido de proteína y peso de 1000 en granos de trigo durante la campaña 2004.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)		Proteína (%)		P 1000 (g)		SPAD	
	Balcarce	MdP	Balcarce	MdP	Balcarce	MdP	Balcarce	MdP
Testigo	2907	2950	10,5	12,0	40,7	40,7	39,7	37,9
120 kgN/ha M	5110	4231	9,9	11,5	41,8	38,8	41,5	37,3
160 kgN/ha M	5693	4529	10,9	11,7	42,0	39,9	42,5	37,4
200 kgN/ha M	6446	5434	11,8	12,5	43,0	38,2	46,5	41,4
160 kgN/ha M+30 kgN/ha A	6293	4503	12,0	13,8	41,8	24,7	44,1	40,9
120 kgN/ha M+20 kgN/ha A	6049	4195	10,5	12,4	42,5	40,4	44,0	38,0
120 kgN/ha M+30 kgN/ha A	5597	3960	10,5	13,3	41,7	25,7	43,1	39,7
120 kgN/ha M+40 kgN/ha A	5442	4081	11,4	13,8	42,7	40,0	42,9	36,6
120 kgN/ha M+20 kgN/ha HB+20 kgN/ha A	5653	4544	11,4	12,7	43,6	39,4	43,0	36,0
DMS (P < 0,05)	648	586	0,8	0,9	1,8	2,9	2,6	3,3
CV (%)	6,9	7,9	4,4	4,1	2,4	4,6	3,5	4,9

a)



b)

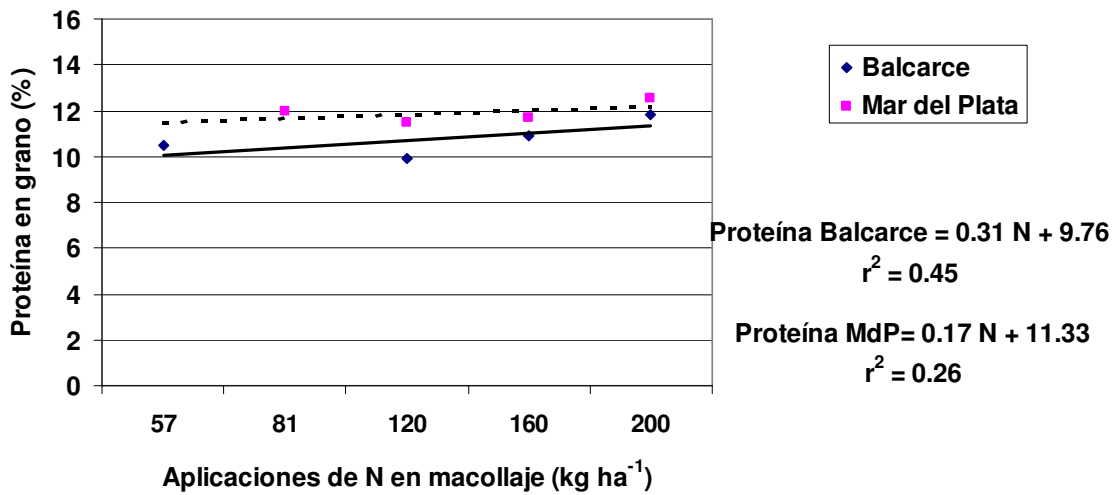


Figura 3. Rendimiento y contenido de proteína en grano de trigo en función de dosis crecientes de N aplicadas en macollaje para la campaña 2004.

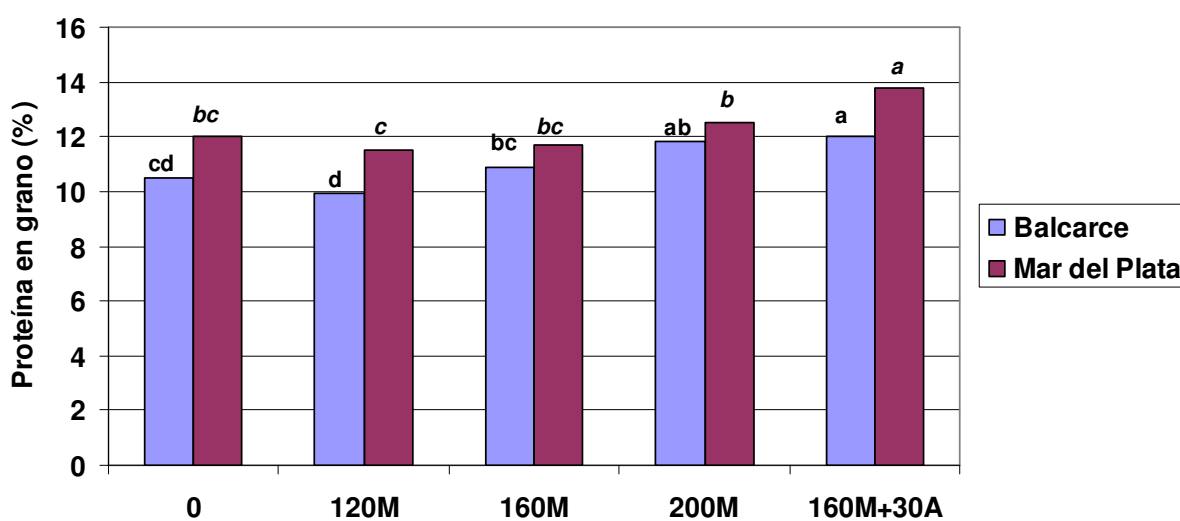
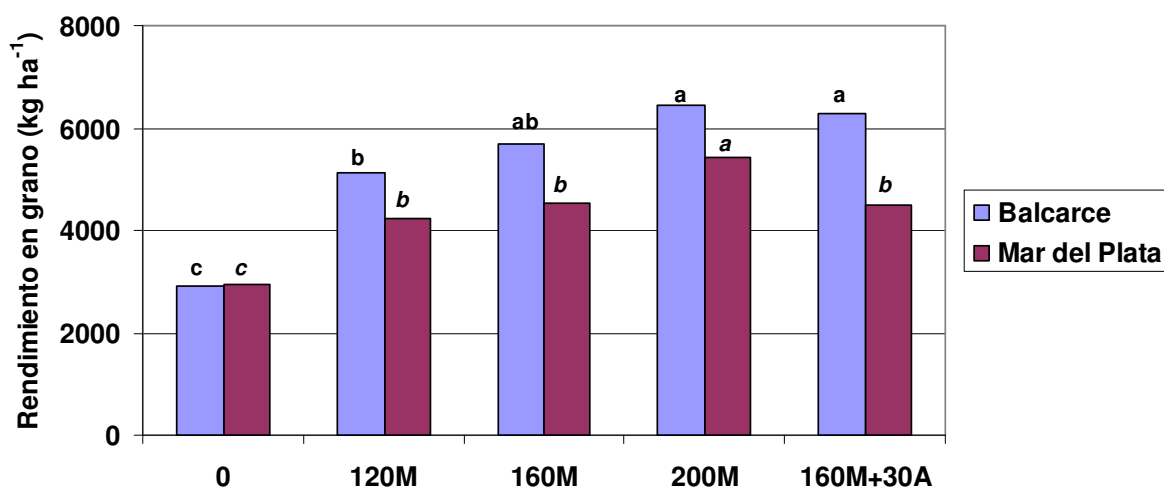


Figura 4. Rendimiento y contenido de proteína en grano de trigo en función de dosis crecientes de N aplicadas en macollaje (M) y de una aplicación en antésis (A) durante la campaña 2004. Para cada localidad, barras con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$).

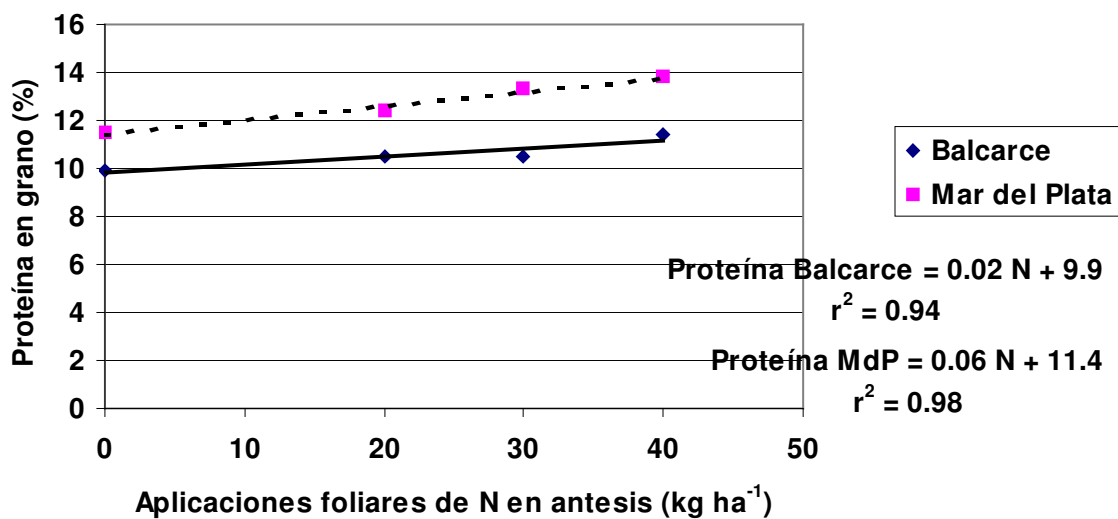
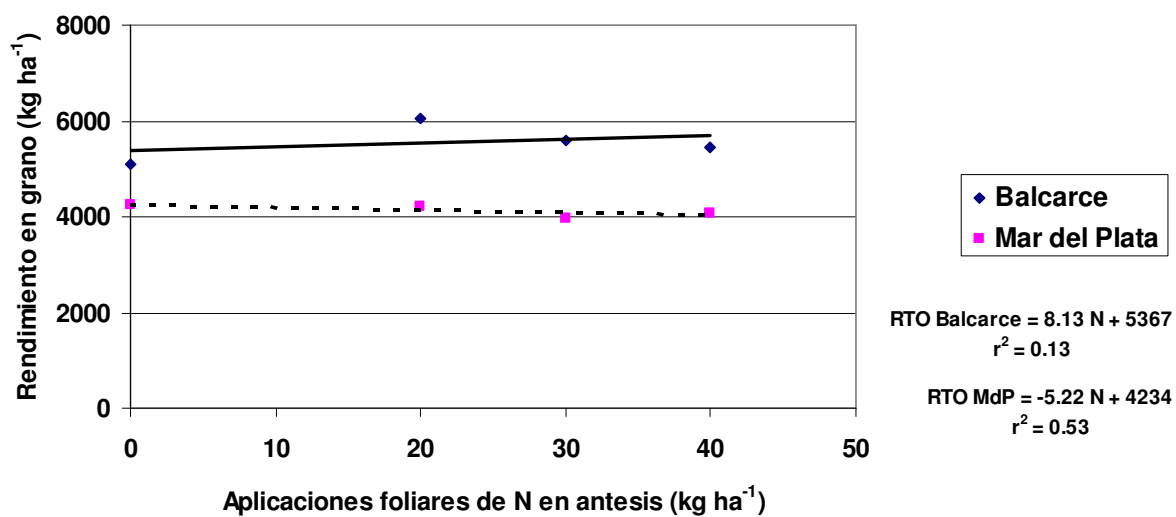


Figura 5. Rendimiento y contenido de proteína en grano de trigo en función de dosis crecientes de N aplicadas en antesis, para los tratamientos con aplicación de 120 kg N ha⁻¹ en macollaje durante la campaña 2004.

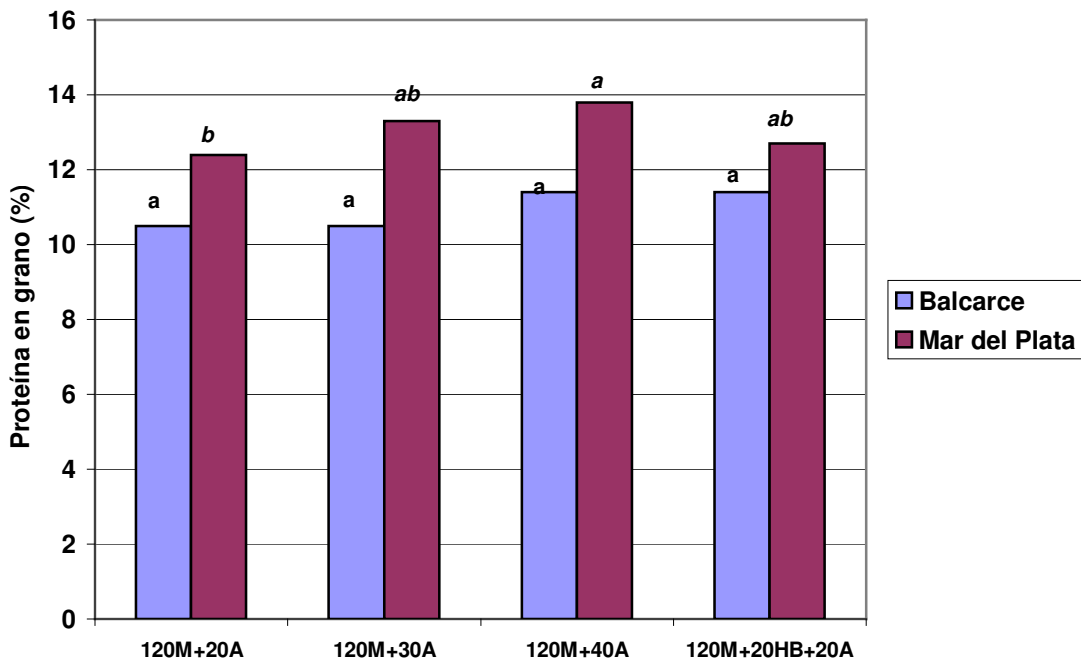
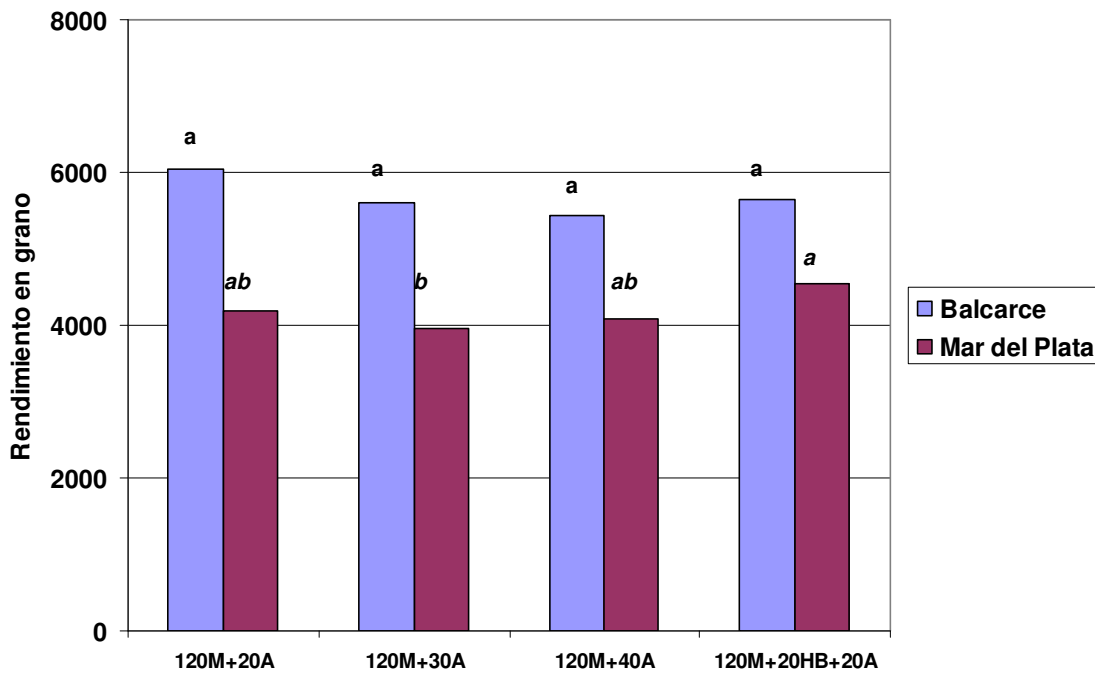


Figura 6. Rendimiento en grano de trigo en función de dosis crecientes de N aplicadas en antesis (A) y en hoja bandera (HB), para los tratamientos con aplicación de 120 kg N ha⁻¹ en macollaje (M) durante la campaña 2004.

Para cada localidad, barras con letras distintas difieren significativamente ($P < 0,05$).

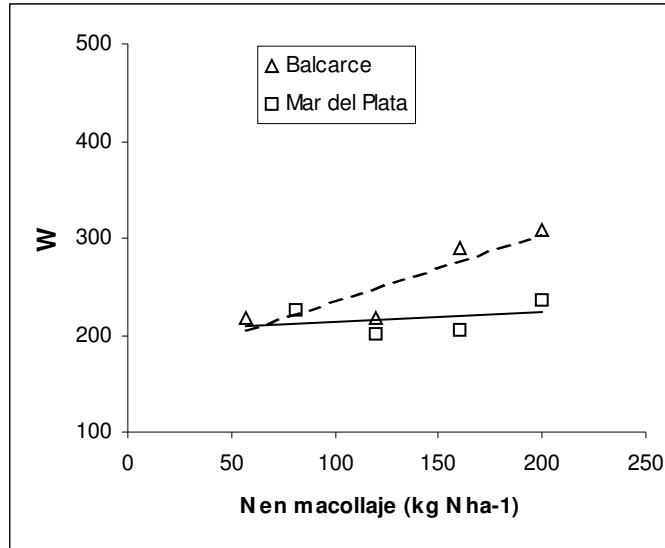


Figura 7. Relación entre el trabajo alveográfico de las harinas (W) y la dosis de N aplicada al macollaje del trigo en Balcarce y Mar del Plata, durante la campaña 2004.

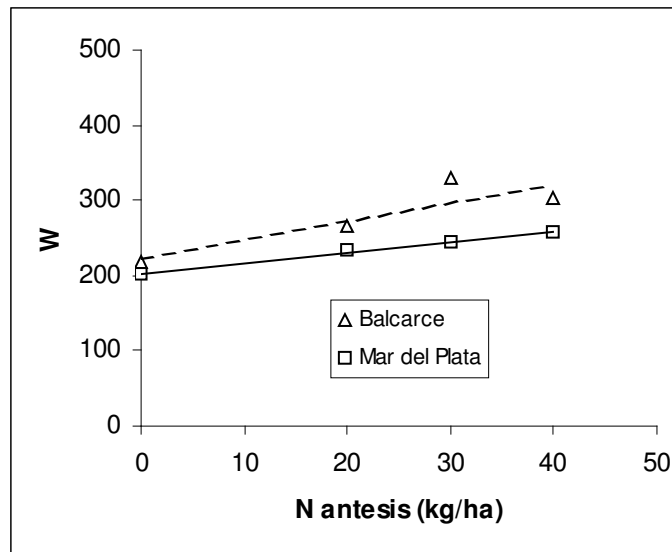


Figura 8. Relación entre el trabajo alveográfico de las harinas (W) y la dosis de N aplicada en antesis del trigo en Balcarce y Mar del Plata, durante la campaña 2004.

Referencias

- Calviño P, Redolatti M. 2000. Diagnostico de nitrógeno en trigo con variedades de distinto potencial de producción. Actas XVII Congreso Argentino Ciencia del Suelo. III-24.
- Calviño PA, Echeverría HE y Redolatti M. 2000. Trigo en siembra directa en el Sudeste Bonaerense: Diagnostico de necesidades de nitrógeno en función de la fertilización fosfatada. Actas XVII Congreso Argentino Ciencia del Suelo. III-14.
- Diaz Zorita M. 2000. Efecto de dos momentos de aplicación de urea sobre la producción de grano de trigo en Drabble (Buenos Aires). Ciencia del Suelo 18:125-131.
- García F, Fabrizzi K, Berardo A, Justel F. 1998. Fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz. Córdoba. 109-110.
- García R., Annone J.G., Martín A.J., Mac Maney M., Regis S. 2001. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y distintos parámetros de calidad industrial de distintas variedades de trigo pan (*Triticum aestivum* L.). V Congreso Nacional de Trigo. Carlos Paz. Córdoba. CD.
- Gonzalez Montaner JL, Maddoni GA, Maillard N, Posborg M. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la subregión IV (Sudeste de la provincia de Buenos Aires). Ciencia del Suelo 9:41-51.
- Melaj, M.A.; Echeverría, H.E.; Studdert, G.A.; Andrade, F.; Bárbaro, N.O. y López, S.C. Acumulación y partición de nitrógeno en el cultivo de trigo en función del sistema de labranza y momento de fertilización nitrogenada . XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. Abril 2000. Actas en CD, 4 pág.